

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG KULIAH TERPADU PSIKOLOGI OLAHRAGA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

Mohammad Wijaya Putra .P^{1,*}, Armin Naibaho², Trias Rahardianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2,3}

Koresponden*, Email: 2241320065@student.polinema.ac.id¹, armin.naibaho@polinema.ac.id², triasrahardianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi sehingga perencanaan struktur bangunan bertingkat harus memenuhi persyaratan ketahanan gempa. Penelitian ini bertujuan menganalisis modifikasi struktur Gedung Kuliah Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya dengan mengubah sistem struktur dari dual system menjadi Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) serta memperbesar bentang struktur dari 8 m menjadi 9 m. Analisis dilakukan menggunakan ETABS v23 berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019. Tahapan penelitian meliputi preliminary design, pemodelan struktur, analisis pembebanan, evaluasi respons struktur, perencanaan penulangan, serta penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur hasil modifikasi memenuhi persyaratan jumlah ragam getar, simpangan antar lantai (story drift), dan efek P-Delta sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Dimensi struktur terdiri atas pelat 15 cm, balok induk 30/65 cm hingga 45/90 cm, balok anak 30/60 cm hingga 40/80 cm, serta kolom 50/50 cm hingga 80/80 cm. Total RAB struktur atas sebesar Rp29.819.633.255,42

Kata kunci : SRPMK; ETABS; beton bertulang; ketahanan gempa; rencana anggaran biaya.

ABSTRACT

Indonesia is located in a highly seismic region; therefore, multi-story buildings must be designed to satisfy earthquake-resistant structural requirements. This study evaluates the structural modification of the Integrated Lecture Building of Sports Psychology, Universitas Negeri Surabaya, by replacing the existing dual structural system with a Special Moment Resisting Frame (SMRF) and increasing the structural span from 8 m to 9 m. Structural analysis was carried out using ETABS v23 in accordance with SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, and SNI 2847:2019. The research stages included preliminary design, structural modeling, load analysis, seismic performance evaluation, reinforcement design, and preparation of the construction cost estimate. The analysis results indicate that the modified structure satisfies the requirements for cumulative modal mass participation, inter-story drift, and P-Delta effects. The final structural dimensions consist of a 15 cm slab, main beams ranging from 30/65 cm to 45/90 cm, secondary beams ranging from 30/60 cm to 40/80 cm, and columns ranging from 50/50 cm to 80/80 cm. The estimated upper-structure construction cost is IDR 29,819,633,255.42. The study concludes that the proposed SMRF system with a 9 m span provides adequate seismic performance and can be considered an effective structural alternative for multi-story educational buildings.

Keywords: Special Moment Resisting Frame (SMRF); ETABS; reinforced concrete; earthquake resistance; construction cost estimate.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia, sehingga memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi [1]. Beban gempa dapat menimbulkan respons dinamik pada struktur berupa gaya geser dasar, simpangan antar lantai (drift), serta deformasi struktur yang signifikan [2]. Oleh karena itu, sistem struktur bangunan bertingkat harus dirancang agar mampu menahan beban lateral secara efektif sekaligus memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, dan daktilitas sesuai SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

Salah satu sistem struktur yang umum digunakan pada bangunan tahan gempa adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem ini dirancang memiliki tingkat daktilitas tinggi sehingga mampu mengalami deformasi inelastik secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan tiba-tiba saat terjadi gempa kuat, karena rangka balok-kolomnya mampu menyerap dan mendisipasikan energi gempa melalui mekanisme pemikul momen [1].

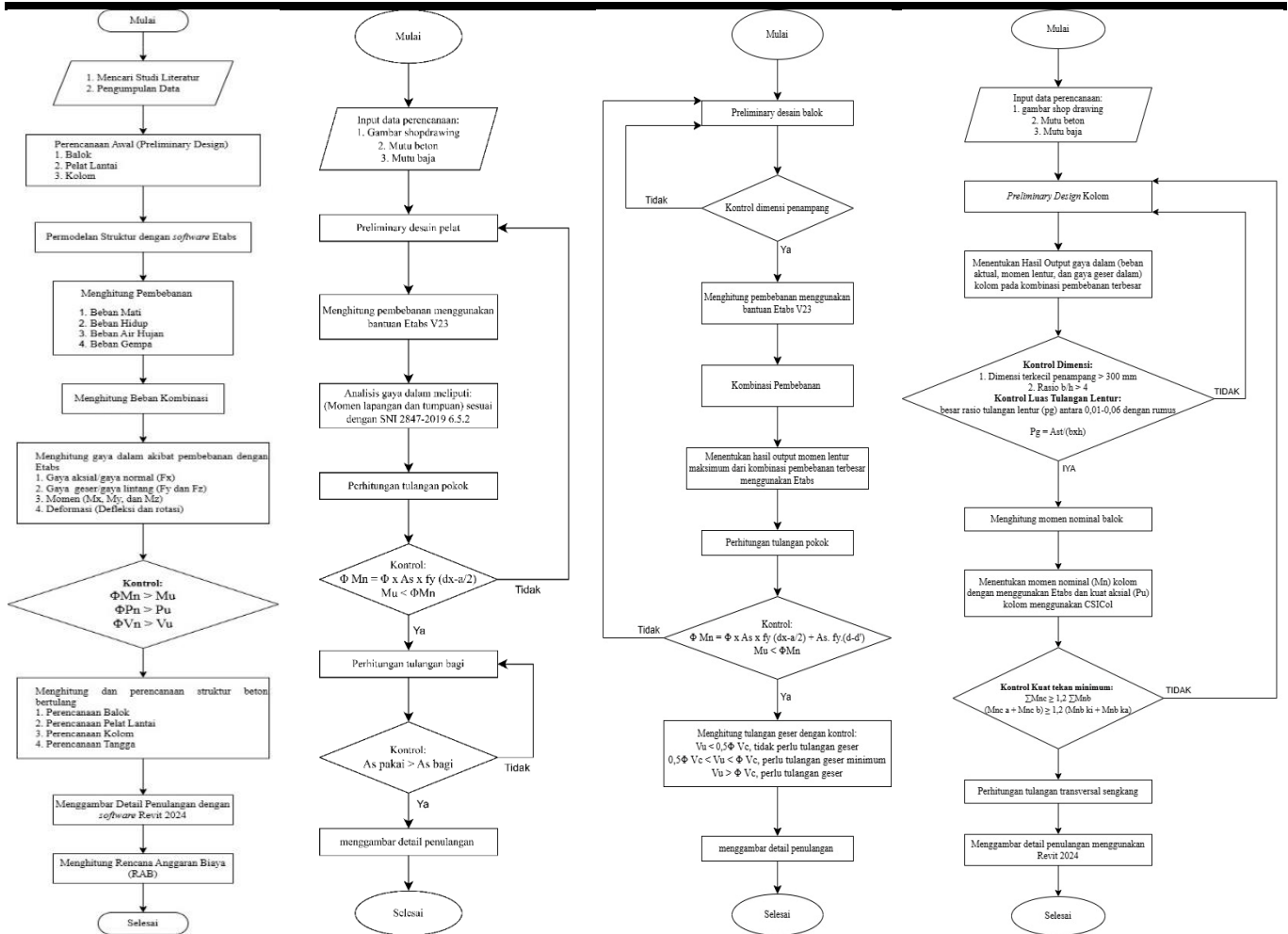
Gedung Kuliah Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya merupakan bangunan pendidikan 7 lantai dan 1 lantai atap yang berlokasi di Jl. Raya Kampus Unesa, Lidah Wetan, Lakarsantri, Surabaya. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi struktur gedung tersebut dengan mengubah sistem struktur dari dual system (SRPMK dan dinding geser) menjadi SRPMK sebagai satu-satunya sistem penahan gaya lateral, sesuai ketentuan SNI 1726:2019 yang mengizinkan penggunaan SRPMK pada Kategori Desain Seismik D, E, dan F selama memenuhi prinsip strong column-weak beam. Selain itu, bentang antar kolom diperbesar dari 8 m menjadi 9 m untuk memenuhi kebutuhan ruang yang lebih luas dan fleksibel.

Peningkatan bentang struktur tersebut berpotensi meningkatkan momen lentur pada balok, mengubah dimensi elemen struktur, serta meningkatkan simpangan struktur akibat beban lateral [3]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis beban yang bekerja pada struktur, menentukan preliminary design elemen pelat, balok, kolom, dan tangga, mengevaluasi dampak modifikasi terhadap desain penulangan, serta menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan struktur atas, sehingga diperoleh struktur yang aman dan efisien sesuai SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

2. METODE

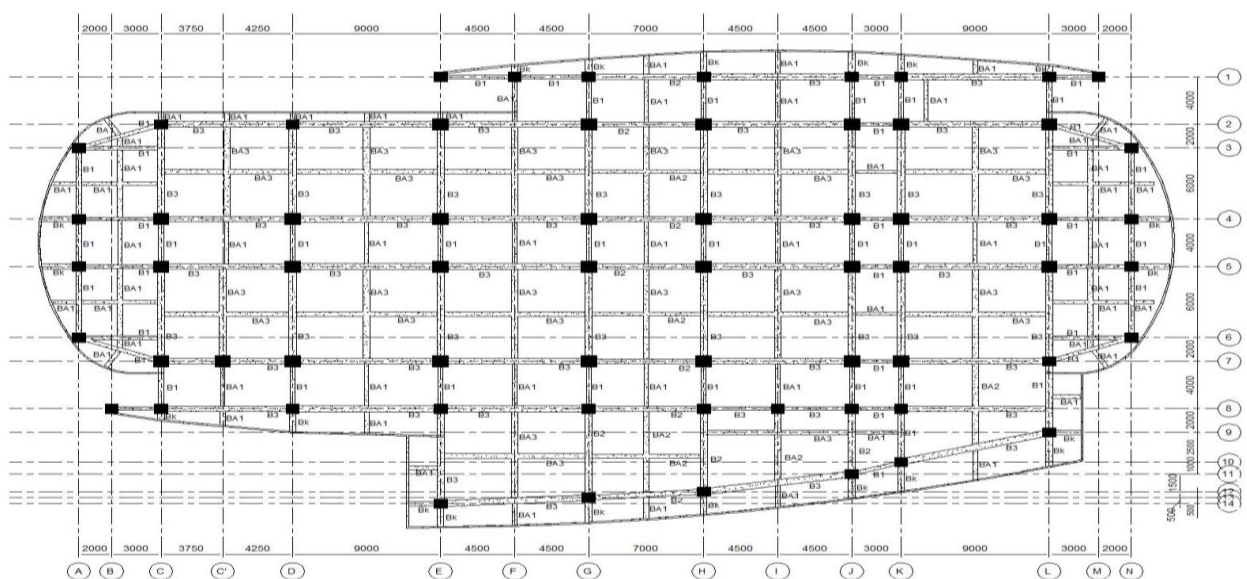
Objek penelitian adalah Gedung Kuliah Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya yang berlokasi di Jl. Raya Kampus Unesa, Lidah Wetan, Lakarsantri, Surabaya, dengan konstruksi beton bertulang 7 lantai dan 1 lantai atap, tinggi bangunan 31,5 m dengan tinggi tiap lantai 4,5 m. Data sekunder yang digunakan berupa Detail Engineering Design (DED) dengan mutu beton f'_c 35 MPa pada balok dan pelat, f'_c 40 MPa pada kolom, serta mutu baja tulangan f_y 420 MPa.

Penelitian dilakukan secara bertahap sebagaimana disajikan pada diagram alir penelitian (Gambar 1), dimulai dengan preliminary design untuk menentukan dimensi awal balok, pelat, dan kolom berdasarkan SNI 2847:2019. Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS v23 dengan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 (beban mati dan beban hidup) dan SNI 1726:2019 (beban gempa dinamik respons spektrum). Hasil analisis berupa gaya-gaya dalam digunakan sebagai acuan perencanaan penulangan elemen struktur sesuai SNI 2847:2019.

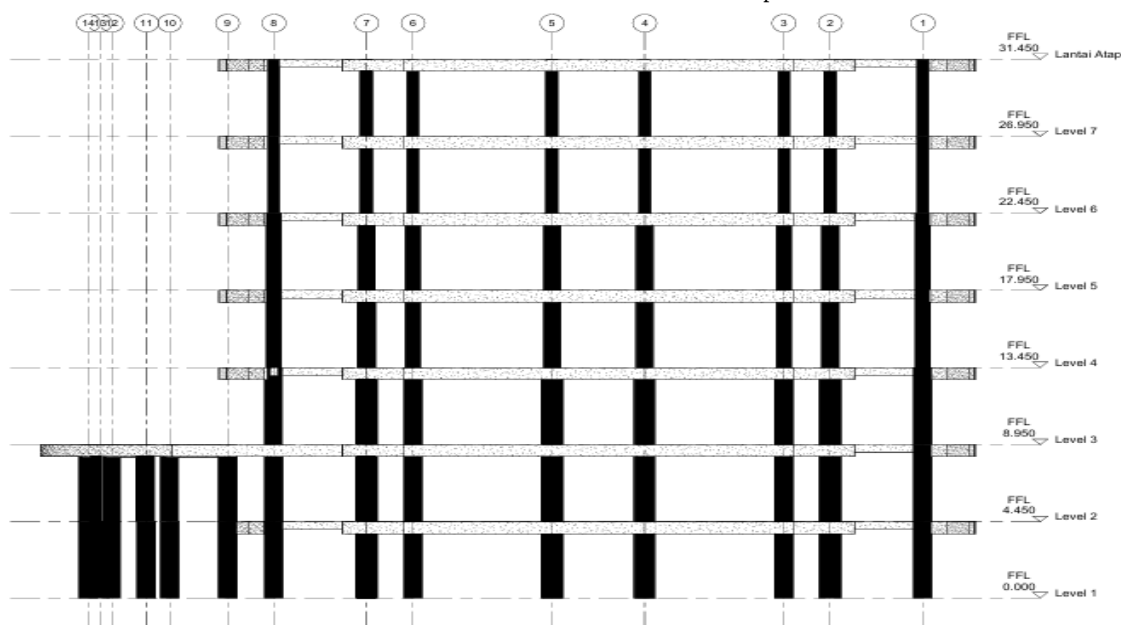


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian Gambar 2. Bagan Alir Pelat Gambar 3. Bagan Alir Balok Gambar 4. Bagan Alir Kolom

Berikut merupakan denah struktur Lantai 1 sampai dengan Lantai atap dan potongan bangunan yang menjadi objek pemodelan ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Denah struktur lantai 1 – atap



Gambar 6. Denah struktur lantai 1 – atap

Analisis struktur mencakup evaluasi jumlah ragam getar (modal mass participation), evaluasi simpangan antar lantai (story drift), serta analisis pengaruh P-Delta sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 dan 7.8.7. Apabila simpangan antar lantai melampaui batas izin, dilakukan optimalisasi dimensi kolom sebagai langkah perbaikan kekakuan struktur. Tahap akhir penelitian adalah penggambaran detail penulangan menggunakan Autodesk Revit 2024 serta penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) struktur atas dengan mengalikan volume pekerjaan hasil pemodelan BIM dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kota Surabaya Tahun 2023, sebagaimana dirumuskan pada persamaan (1).

$$RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}) \quad (1)$$

Penelitian dibatasi pada perencanaan struktur atas (tidak mencakup struktur bawah dan arsitektur), perhitungan tulangan mengacu SNI 2847:2019, beban angin tidak diperhitungkan sebagai beban utama, dan seluruh analisis struktur dibantu perangkat lunak ETABS v23.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design

Preliminary design dilakukan untuk menentukan dimensi awal elemen pelat, balok, dan kolom berdasarkan SNI 2847:2019. Hasil perhitungan diperoleh tebal pelat lantai sebesar 150 mm yang diklasifikasikan sebagai pelat dua arah (rasio $L_y/L_x = 1,125 \leq 2$). Dimensi balok yang diperoleh terdiri atas Balok Induk 1 (B1) 300/650 mm, Balok Induk 2

(B2) 350/700 mm, Balok Induk 3 (B3) 450/900 mm, Balok Anak 1 (BA1) 350/650 mm, Balok Anak 2 (BA2) 300/600 mm, Balok Anak 3 (BA3) 400/800 mm, dan Balok Kantilever (Bk) 300/400 mm, berikut contoh perhitungan untuk preliminary balok induk B1 serta dimensi balok yang digunakan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

1. Balok Induk 1 (B1)

Panjang = 600 cm

$$\begin{aligned} \text{Tinggi B1} &= \frac{L}{12} \\ &= \frac{600}{12} = 50 \approx 65 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar B1} &= \frac{1}{2} \cdot \text{Tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 650 = 32,5 \approx 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Didapatkan dimensi balok induk 1 (B1) yaitu 30/65 cm

Tabel 1. Dimensi Balok yang Digunakan

Tipe Balok	Dimensi (b/h) (cm)
B1	30/65
B2	35/70
B3	45/90
BA1	35/65
BA2	30/60
BA3	40/80
Bk	30/40

Sumber: Hasil Perhitungan Preliminary Design

Dimensi kolom ditentukan berdasarkan beban aksial terbesar yang dipikul kolom lantai dasar. Kolom interior (K1) diperoleh dimensi 800×800 mm dan kolom eksterior (K2) diperoleh dimensi 650×650 mm, dengan pengecilan dimensi bertahap setiap dua lantai untuk efisiensi struktur tanpa mengurangi kekuatan dan kestabilan bangunan, berikut contoh perhitungan untuk preliminary kolom interior (K1) serta dimensi balok yang digunakan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

2. Kolom Interior (K1)

Rumus yang digunakan untuk menentukan dimensi kolom yaitu dengan persamaan:

$$A_g = \frac{P_u}{0,2 \cdot f_c'} = \frac{8033,3}{0,2 \cdot 40} = 639441,27 \text{ mm}^2$$

$$b \cdot h > A_g$$

$$800 \cdot 800 > 639441,27 \text{ mm}^2$$

$$640000 > 639441,27 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tabel 2. Dimensi Kolom yang Digunakan

Tipe Kolom	Dimensi (cm)	Tipe Kolom	Dimensi (cm)
K1	80/80	K2	65/65
K1a	70/70	K2a	60/60
K1b	60/60	K2b	55/55
K1c	50/50	K2c	50/50

Sumber: Hasil Perhitungan Preliminary Design

3.2 Perhitungan Pembebanan

1. Beban mati

Berat sendiri struktur bangunan suatu gedung (DL1) merupakan berat sendiri struktur yang diambil pada software ETABS.

Beban Mati tambahan terdiri dari beban pelat lantai 1,29 kN/m², Beban garis pada balok 13,79 kN/m².

2. Beban hidup

Berikut hasil analisis pembebanan hidup pada Struktur

Tabel 3. Rekapitulasi beban hidup

Story	Beban Hidup
	kN/m ²
Rooftop	599,133
Story 2-7	2928,419

3. Beban air hujan

$$\begin{aligned} d_s &= \text{Asumsi kedalaman air (75 mm)} \\ d_h &= \text{Asumsi tambahan kedalaman air (25 mm)} \\ R &= 0,0098 \cdot (d_s + d_h) \\ &= 0,0098 (75+25) \\ &= 0,98 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4. Beban angin

Berikut hasil analisis beban angin tiap lantai pada struktur.

Tabel 4. Rekapitulasi Beban Angin Per Lantai

Lantai	Tinggi	qz	P
1	4,5	373,48	186,744
2	9	373,48	186,744
3	13,5	416,17	208,087
4	18	453,52	226,761
5	22,5	485,53	242,768
6	27	512,21	256,106
7	31,5	533,55	266,778

5. Beban gempa

Berikut merupakan perhitungan beban gempa dimana mengacu pada SNI 1726-2019

Tabel 5. Hasil Analisis Perhitungan Gaya Geser Gempa

Gaya Geser Statik (Simpangan)			
Arah	Cs	Berat Seismik Efektif (W)	V
X	0,082	198543	16296,48
Y	0,092	198543	18222,78

Sumber: Hasil Analisis ETABS v23

3.3 Evaluasi Jumlah Ragam dan Gaya Geser Dasar

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1, analisis ragam getar pada model ETABS telah mencapai partisipasi massa lebih dari 90% sehingga memenuhi syarat. Gaya geser dasar seismik statik yang diperoleh sebesar 16.296,48 kN pada arah X dan 18.222,78 kN pada arah Y, dengan faktor skala dinamik terhadap statik sebesar sebesar 1,112 (arah X) dan 1,126 (arah Y) sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	1.419	0.7471	0.0201	0	0.7471	0.0201	0	0.0071
Modal	2	1.289	0.0157	0.7265	0	0.7265	0.7466	0	0.2621
Modal	3	0.959	0.0162	0.012	0	0.7789	0.7586	0	0.0064
Modal	4	0.65	3.964E-06	0.0002	0	0.7789	0.7586	0	0.0013
Modal	5	0.646	0.0002	1.051E-06	0	0.7791	0.7586	0	1.73E-06
Modal	6	0.456	0.0046	0.1573	0	0.7838	0.9161	0	0.4359
Modal	7	0.446	0.1299	0.0071	0	0.9134	0.9231	0	0.0185
Modal	8	0.377	0.0034	0	0	0.9168	0.9231	0	0.0007
Modal	9	0.345	2.894E-05	0.0002	0	0.9168	0.9234	0	0.0002
Modal	10	0.287	1.124E-06	0.0002	0	0.9168	0.9235	0	0.0007
Modal	11	0.281	0.0002	8.397E-07	0	0.917	0.9235	0	1.918E-05
Modal	12	0.259	0	7.572E-06	0	0.917	0.9235	0	6.09E-07

Gambar 7. Hasil Analisis Ragam

Tabel 6. Simpangan Antar Tingkat (Dimensi Preliminary)

Lantai	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Limit (mm)	Cek
8	20,66	21,41	67,50	OK
7	26,88	25,80	67,50	OK
6	36,92	36,94	67,50	OK
5	37,50	37,40	67,50	OK
4	44,68	44,99	67,50	OK
3	43,42	44,58	67,50	OK
2	65,03	66,59	67,50	OK

Sumber: Hasil Analisis ETABS v23

3.4 Evaluasi Simpangan Antar Lantai (Story Drift)

Simpangan antar lantai izin ($\Delta a/p$) untuk Kategori Risiko IV dihitung sebesar 67,5 mm, dengan mempertimbangkan faktor pembesaran defleksi $C_d = 5,5$, faktor keutamaan gempa $I_e = 1,5$, dan faktor redundansi 1,3 untuk KDS D. Hasil evaluasi simpangan antar tingkat pada dimensi hasil preliminary design (Tabel 2) menunjukkan bahwa seluruh simpangan inelastis pada tiap lantai, baik arah X maupun arah Y, telah memenuhi batas izin (OK) tanpa memerlukan perbesaran dimensi kolom lebih lanjut, sebagaimana disajikan pada Tabel 6

3.5 Efek P-Delta

Pengaruh P-Delta dievaluasi berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.7 melalui koefisien stabilitas (θ). Sebagai contoh, pada lantai 2 arah X diperoleh $\theta_x = 0,0257 < 0,10$. Hasil analisis menunjukkan nilai θ pada seluruh tingkat berada di bawah 0,10 sehingga efek P-Delta tidak signifikan dan struktur dinyatakan aman terhadap pengaruh tersebut, yang dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7. Hasil analisis P-Delta

Story	Inelastic Drift		Story Forces			Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	Δ_x	Δ_y	P	V _x	V _y	θ_X	θ_Y			
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)					
8	20,66	21,41	22767,28	3514,91	4022	0,0081	0,0073	0,1	0,0909	OK
7	26,88	25,80	55541,03	6705,89	7547	0,0135	0,0115	0,1	0,0909	OK
6	36,92	36,94	90827,72	9009,35	9990	0,0226	0,0204	0,1	0,0909	OK
5	37,50	37,40	125614,75	10817,03	11884	0,0264	0,0240	0,1	0,0909	OK
4	44,68	44,99	162212,85	12447,83	13640	0,0353	0,0324	0,1	0,0909	OK
3	20,66	21,41	201572,44	13912,97	15290	0,0381	0,0356	0,1	0,0909	OK
2	26,88	25,80	238366,95	14655,59	16179	0,0641	0,0595	0,1	0,0909	OK

Sumber: Hasil Analisis ETABS v23

3.6 Perencanaan Penulangan

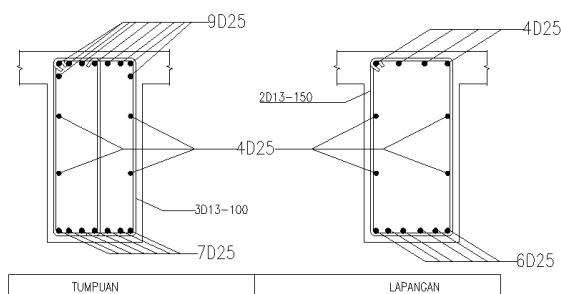
Hasil perencanaan penulangan pelat lantai 150 mm menggunakan tulangan D13-150 pada tumpuan dan lapangan arah x, serta D13-100 pada tumpuan dan lapangan arah y. Rekapitulasi tulangan utama pada seluruh tipe balok hasil analisis ETABS disajikan pada Tabel 8. Seluruh tipe balok

dilengkapi tulangan torsi 2D10-2D13 dan sengkang 2D10/2D13-100 (tumpuan) serta 150 (lapangan). Dibawah ini merupakan gambar penulangan dari B3 yang ditunjukkan Gambar 8

Tabel 8. Rekapitulasi Tulangan Utama Balok

Tipe Balok	Tumpuan Atas	Tumpuan Bawah	Lapangan Atas	Lapangan Bawah	Kontrol
B1 (30/65)	7D22	6D22	4D22	4D22	OK
B2 (35/70)	7D22	5D22	4D22	4D22	OK
B3 (45/90)	9D25	7D25	4D25	6D25	OK
BA1 (35/65)	5D16	4D16	4D16	4D16	OK
BA2 (30/60)	5D16	4D16	4D16	4D16	OK
BA3 (40/80)	6D16	4D16	4D16	5D16	OK
Bk (30/40)	4D16	4D16	4D16	4D16	OK

Sumber: Hasil Analisis ETABS v23.

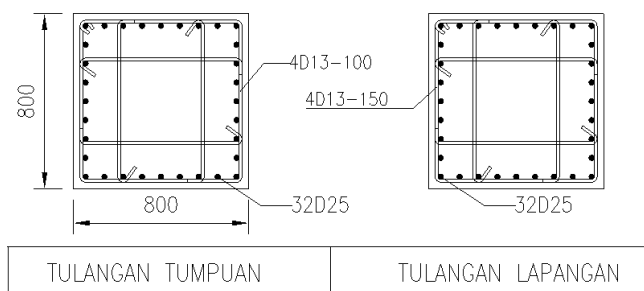
**Gambar 8.** Detail penulangan balok B3

Rekapitulasi tulangan utama longitudinal dan transversal pada seluruh tipe kolom disajikan pada Tabel 9 dan contoh penulangan untuk kolom K1 pada Gambar 9

Tabel 9. Rekapitulasi Tulangan Utama Kolom

Jenis Kolom	Tulangan Longitudinal	Sengkang Tumpuan	Status
K1 (80/80)	32D25	4D13-100	OK
K1a (70/70)	28D25	4D13-100	OK
K1b (60/60)	24D25	2D13-100	OK
K1c (50/50)	24D25	2D13-100	OK
K2 (65/65)	28D25	2D13-100	OK
K2a (60/60)	24D25	2D13-100	OK
K2b (55/55)	24D25	2D13-100	OK
K2c (50/50)	20D25	2D13-100	OK

Sumber: Hasil Analisis ETABS v23

**Gambar 9.** Detail penulangan kolom K1

Tangga menggunakan tulangan lapangan D13-150 dan tumpuan D10-200 pada kedua arah, tanpa memerlukan tulangan geser karena nilai V_u masih di bawah $\frac{1}{2}\phi V_c$.

3.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Volume pekerjaan struktur diperoleh dari hasil pemodelan Building Information Modeling (BIM) menggunakan Autodesk Revit 2024, kemudian dikalikan dengan harga satuan pekerjaan berdasarkan AHSP Kota Surabaya tahun 2023 [4]. Lingkup pekerjaan mencakup beton, pembesian, dan bekisting untuk elemen pelat, balok, kolom, dan tangga pada 7 lantai serta lantai atap, dengan rekapitulasi biaya per lantai disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Struktur Atas

Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
Lantai 1 (+0.00)	1.458.054.790,84
Lantai 2 (+4.45)	3.824.506.641,70
Lantai 3 (+8.95)	4.189.443.670,21
Lantai 4 (+13.45)	3.637.944.602,56
Lantai 5 (+17.95)	3.645.495.298,09
Lantai 6 (+22.45)	3.645.495.298,09
Lantai 7 (+26.95)	3.469.059.693,92
Lantai Atap (+31.45)	2.994.534.468,93
Jumlah	26.864.534.464,35
PPN 11%	2.955.098.791,08
Total RAB Struktur Atas	29.819.633.255,42

Sumber: Hasil Analisis RAB

Berdasarkan hasil tersebut, total Rencana Anggaran Biaya pekerjaan struktur atas Gedung Kuliah Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya hasil modifikasi sebesar sebesar Rp29.819.633.255,42 (sudah termasuk PPN 11%).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil modifikasi struktur Gedung Kuliah Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya dari dual system menjadi SRPMK dengan perbesaran bentang dari 8 m menjadi 9 m, dapat disimpulkan: (1) analisis

pembebanan dilaksanakan sesuai SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 2847:2019 dengan beban gempa respons spektrum dinamik, parameter $S_1 = 0,3694$ g dan $S_s = 0,8716$ g sehingga gedung termasuk Kategori Desain Seismik D dengan faktor keutamaan gempa $I_e = 1,5$; (2) dimensi elemen struktur hasil preliminary design terdiri atas pelat 150 mm, balok 300/650 mm hingga 450/900 mm, dan kolom 500×500 mm hingga 800×800 mm; (3) gaya geser dasar seismik statik diperoleh sebesar 16.296,48 kN (arah X) dan 18.222,78 kN (arah Y), dengan seluruh simpangan antar lantai dan efek P-Delta dinyatakan aman tanpa memerlukan perbesaran dimensi kolom lebih lanjut; serta (4) total Rencana Anggaran Biaya pekerjaan struktur atas yang mencakup beton, pembesian, dan bekisting pada pelat, balok, kolom, dan tangga sebesar Rp29.819.633.255,42 (termasuk PPN 11%). Hasil ini menunjukkan bahwa sistem SRPMK dengan bentang 9 m merupakan alternatif struktur yang efektif dan aman terhadap beban gempa bagi bangunan pendidikan bertingkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Sugihardjo, "Sistem Struktur Rangka Batang Daktil untuk Gedung Bertingkat Tahan Gempa Bentang Besar," 2019.
- [2] A. S. Nurul Sodik and R. Andayani, "Pengaruh Penerapan SNI 1726:2019 Terhadap Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang di Indonesia," *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [3] F. Alexandro, P. H. Simatupang, and E. Hunggurami, "Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang Akibat Perbesaran Bentang," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 14, no. 1, 2025.
- [4] A. R. Akbar, Y. Juansyah, A. Oktavia, and D. Oktarina, "Analisis Rencana Anggaran Biaya Pada Proyek Pembangunan Balai Kampung," *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, vol. 9, no. 2, pp. 823–826, 2025..
- [5] H. A. Dewi, E. Widayanto, and K. A. Wiswamitra, "Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada Pembangunan Rumah Susun Cakung Jakarta Timur," *Rekayasa Sipil*, vol. 17, no. 3, pp. 243–248, 2023.
- [6] T. Paulay and M. J. N. Priestley, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. Wiley, 1992
- [7] SNI 1726:2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- [8] SNI 1727:2020, *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2020.
- [9] SNI 2847:2019, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.